

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-95981

⑪ Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和60年(1985)5月29日

H 01 L 31/10

6666-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全9頁)

⑭ 発明の名称 真性半導体電気光学デバイス

⑮ 特 願 昭59-209599

⑯ 出 願 昭59(1984)10月5日

優先権主張 ⑰ 1983年10月6日 ⑱ 米国(US) ⑲ 539367

⑳ 発 明 者 ゴードン シイ. オズ アメリカ合衆国, ニューメキシコ州87109, アルバカー  
ボーン キ, ノース イースト, クリステイ ストリート 6417

㉑ 出 願 人 ア メ リ カ 合 衆 国

㉒ 代 理 人 弁理士 尾 股 行 雄

明 利 報

## 1. 発明の名称

真性半導体電気光学デバイス

## 2. 特許請求の範囲

1. 冷却時に8~12 $\mu$ mの波長の電磁波放射に対して真性に応答するp-n接合からなりかつ本質的に第III-V族の半導体物質からなる真性半導体電気光学デバイスであって、

該放射応答性p-n接合は2つの異なる第III-V族の半導体からなる交互層を有する型層超格子(SLS)からなり、

該2つの半導体のバルク形態時における格子定数は不整合であり、これにより全体の歪みがSLS構造中における交互半導体層の各列の上に加われ、該列の各層の上に作用する全体の歪みの割合は該列の各層の層厚の比に反比例し、

該第III-V族の交互半導体層の第1のセットはInAs<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub>(式中xは約0.5~0.7である)であり、また該交互層の第2のセッ

トは第1のセット中の層の格子定数よりも大きい格子定数をもつ第III-V族の半導体からなり、

格子定数の不整合と該層厚比とに起因する歪みは第III-V族の層からなる第1のセットのバンドギャップを狭めるのに効率的であり、それにより該層の冷却時における固有放射吸収特性を、冷却されバルク形態にある時に該個々の層が応答する波長よりも長い8~12 $\mu$ m領域の波長を含むように変えることを特徴とする真性半導体電気光学デバイス。

2. 該p-n接合は12 $\mu$ mの波長の電磁波放射に応答することの特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の真性半導体電気光学デバイス。

3. 該交互層の第2のセットは本質的に

InAs<sub>1-y</sub>Sb<sub>y</sub>(式中yは約0.85以上である)からなることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の真性半導体電気光学デバイス。

## 特開昭60-95981(2)

4. 該交互層の第2のセットは本質的に  $InAs_{1-y}Sb_y$  (式中  $y$  は約 0.73 以上である) からなり、かつ該層の第1のセットにおける  $x$  が約 0.61 であることを特徴とする特許請求の範囲第2項に記載の真性半導体電気光学デバイス。
5. 該SLS中における層厚は約30~500 Å の範囲内であることを特徴とする特許請求の範囲第3項に記載の真性半導体電気光学デバイス。
6. 該SLS中における層厚は約50~500 Å の範囲内であることを特徴とする特許請求の範囲第4項に記載の真性半導体電気光学デバイス。
7. 各セットの層厚は量子井戸効果が該SLSの層中で生じるのに十分だけ小さくし、該効果が該層の第1のセットのバンドギャップを増加させ、それにより該格子の不整合に起因する歪みの効果を部分的に相殺し、また該第1のセットの層厚は該量子井戸効果を最小

にするのに十分だけ大きく選択されると同時に、該層厚比でSLSを形成するのに十分だけは小さくすることを特徴とする特許請求の範囲第4項に記載の真性半導体電気光学デバイス。

8. 該SLS中における層厚が約30~500 Å の範囲内であることを特徴とする特許請求の範囲第7項に記載の真性半導体電気光学デバイス。
9. 該SLS中における層厚が約50~300 Å の範囲内であることを特徴とする特許請求の範囲第7項に記載の真性半導体電気光学デバイス。
10. 12 μm における該応答が約77 K のデバイス温度でおこることを特徴とする特許請求の範囲第2項に記載の真性半導体電気光学デバイス。
11. 該SLS中における層厚の比が約1.0であることを特徴とする特許請求の範囲第9項に記載の真性半導体電気光学デバイス。

## 3. 発明の詳細な説明

3~5 μm と 8~12 μm の波長領域 (大気による吸収が最も小さい) には、赤外線による画像形成に関連した軍事的利用を含むいくつかの用途がある。このことは、これらの波長で動作可能な真性半導体の検出器を開発するためにかなりの研究努力を払う動機となった。真性検出器は、その吸収が価電子バンドから伝導バンドへのキャリアの励起に基づくようなものである。多くの物質が3~5 μm 領域用の画像形成アレイをつくるのに適しているようであるが、如何なるバルク形態をした第II-V族物質も、重要な8~12 μm 領域においては、冷却された (例えば77 K) (低ノイズ) 検出器動作のために十分に小さいバンドギャップをもたない。その結果、8~12 μm の用途に対する潜在的な候補物質として多数の第II-V族物質と第IV-VI族物質を検討することが必要であった。

最近、これらの用途に対する大部分の研究が第II-VI族合金である  $Hg_{1-x}Cd_xTe$  に集中し

た。この合金は、 $E_g$  が ~ 1.6 eV ( $x = 1.0$ ) から 0.0 eV ( $x = 0.16$ ) に及ぶ範囲のバンドギャップ (0 K における) をもつ。そして  $x = 0.205$  である合金は、8~12 μm 大気窓中における77 K 検出器動作のために必要なバンドギャップをもつ (例えば Semiconductors and Semimetals, Willardson & Beer, Ed., Vol. 18, "Mercury Cadmium Telluride", Academic Press (1981) を参照。しかしながら Hg を多量に含む Hg Cd Te 合金は、多数の冶金学的かつ装置に関連した問題点をもち、そのため、達成することが不可能でない場合には、これらの物質からなる満足な8~12 μm 画像形成用アレイの利用を困難なものにしている。これらの問題点のいくつかを挙げると、以下の通りである。

- 1) Hg Cd Te は機械的にもろい。
- 2) p-型の Hg Cd Te 中のホール濃度は制御しにくい。n-型の "ドーピング" は代表的な場合焼なまししない注入ダメージ (un-

## 特開昭60-95981(3)

annealed implantation damage) によりつくられる。

3)  $\sim 100^\circ\text{C}$  以上では、Hg の外部拡散が問題となる (n-型物質がp-型に変換させられる)。このことは、長期間安定性の問題を示唆し、Hg Cd Te ウェファァーの高輝デバイス製造の可能性を排除する。

4)  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  のバンドギャップとそれに関連するIR検出器の遮断波長は合金組成と共に急速に変わる。その結果、検出器性能における大きな側面非均一性(貧弱なデバイス収量)を避けるためには、その組成を全ウェファァーにわたって $\pm 0.3\%$ の範囲内に維持しなければならない。

5) Hg に富む合金における価帯に小さい電子有効質量 ( $m_e^*$ ) は、伝導バンドから価電子バンドへのトンネル現象を重要なものにする。これは、検出器を冷却することにより減少させることのできない実験的に観測されるノイズ要素を生じさせる。その上、トンネル現象

は、 $R_0^{-1} \equiv (dI/dV)|_{V=0}$  で定義されるゼロバイアス ( $R_0$ ) におけるホトダイオード動作抵抗を減少させる。このことは、電荷結合デバイス / (CCD) の読み出しが一定の最小  $R_0$  を必要とするため、電荷結合デバイスの読み出しを利用する  $8 \sim 12 \mu\text{m}$  検出器アレイの場合に、それがうまく動作することの助けとなる。

したがって本発明の目的は、これまでデバイスに用いられた特殊な半導体物質を用いると利用できなかった新しい波長領域 (例えば  $8 \sim 12 \mu\text{m}$ ) において動作しうる新しい電気光学デバイスを提供することである。

本発明のもう一つの目的は、 $\text{Hg Cd Te}$  デバイスに対して前述した問題点を含め、先行技術の問題点を解消又は改善するような新しいデバイスを提供することである。

本発明の別な目的は、歪層超格子 (strained-layer superlattice : SLS) の効果に基づきこれらの結果を達成することである。

本明細書と特許請求の範囲を更に調べると、当該技術分野の当業者には、本発明の別な目的と長所が明らかなものとなろう。

本発明は、冷却時に  $8 \sim 12 \mu\text{m}$  の波長の電磁波放射に対して真性に応答する p-n 接合からなりかつ本質的に第 II-V 族の半導体物質からなる真性半導体電気光学デバイスであって：該放射応答性 p-n 接合は 2 つの異なる第 II-V 族の半導体からなる交互層を有する歪層超格子 (SLS) からなり；該 2 つの半導体のバルク形態時における格子定数は不整合であり、これにより全体の歪みが SLS 構造中における交互半導体層の各対の上にかかれ、該対の各層の上に作用する全体の歪みの割合は該対の各層の層厚の比に反比例し；該第 II-V 族の交互半導体層の第 1 のセットは  $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  (式中  $x$  は約  $0.5 \sim 0.7$  である) であり、また該交互層の第 2 のセットは第 1 のセット中の層の格子定数よりも大きい格子定数をもつ第 III-V 族の半導体からなり；格子定数の不整合と該層厚比

とに基因する歪みは第 II-V 族の層からなる第 1 のセットのバンドギャップを狭めるのに効果的であり、これにより該層の冷却時における固有放射吸収特性を、冷却されバルク形態にある時に該層々の層が応答する波長よりも長い  $8 \sim 12 \mu\text{m}$  領域の波長を含むように変えることを特徴とする半導体電気光学デバイスを提供することにより、上記の目的を達成したのである。

本発明は、添付の図面を参照することにより更によく理解できるものとなろうが、それと共に本発明の他の目的、特徴及び付随する利点についても更に十分明らかなものになろう。

SLS システムは、少なくとも 2 つの異なる半導体物質からなる層の連続であり、それらの半導体物質はバルク形態において互いに異なる格子定数をもつ。SLS システムにおけるこの格子不整合 (lattice mismatch) の効果は、2 つの隣接した格子を、強制的に配列によりもたらされる歪みの下に、配列させることである。最大の不整合度 (格子定数が約  $7 \sim 8\%$  異

なる)と適当に薄い層厚(例えば一般に約500Å以下)を満足させるような条件のごときよく知られた条件下では、層/層の格子欠陥、例えば不整合転位(misfit dislocation)は、エネルギー的に不適当なものとして抑制される。その上、その構造は下に存在する層例えばグレード層(graded layers)からの転位伝播に対するバリアーとして作用する。その結果、各層には極めて高い結晶格子完全性が得られる。もしそうでなければ可能となるであろう以上に全体にわたって、2つの再接層はバルク形態になる。そのため、異なる格子定数をもつ再接層を成長させることが望まれる場合には、しばしばSLS構造が採用される。本明細書では、“SLS”という語は、既に述べたような不整合転位を避け及び/又は最小にするために必要な層特性をもつ構造のことを意味する。

SLS系中における固有の歪みは、不都合な格子欠陥を抑制するのに必要ではあるが、また系の他の特性を乱す。例えば、この歪みは各層

なるが、 $12\mu\text{m}$ までの目的とする用途のためには不十分である。

SLS中に組合された2つの異なるInAsSb合金からなる交互層を用いると、SLSの全体の応答波長は、所望どおりに一層長い波長に広がる。これは、1つの合金に対する不整合による歪みはそのバンドギャップを減少させるように、2つの合金を適当に選択することによって達成される。そしてその結果、そのSLSはより狭いギャップに対応する一層長い波長の放射の真性検出器として用いられる。一般に、ある層とより大きな格子定数をもつもう1つの層との不整合は、第1の層の通常の格子配置を界面に平行な面で引伸ばす傾向があり、その結果バンドギャップの減少をまねく。当該層よりも小さい格子定数をもつ層との不整合は、界面に平行な面で圧迫効果を生じ、バンドギャップを増加させ、その結果遮断波長を減少させる。これらの効果はそれ自体公知であり、バンドギャップ変化の大きさは不整合度の関数とし

#### 特開昭60-95981(4)

の有効なバンドギャップに変化をおこさせるということが知られている。すなわちある層の再接層に対する影響は、バンドギャップの増加をまねき、一方、第1の層に対する再接層の効果は、そのバンドギャップの減少をもたらす。従来技術による適用では、その効果は不可避な特性であった。半導体物質がバルク形態時には応答しないような波長に対してその半導体物質を応答させるようにする電気光学デバイスにおいては、これらの効果が有利なものになりうるということが今回見いだされた。

普通、第Ⅲ-V族の半導体合金は、高いS/N比のために必要な77Kのような低温では、重要な $8\sim 12\mu\text{m}$ の波長領域内で動作させることができない。例えば、第1図には、 $\lambda_c$ ( $\mu\text{m}$ )、すなわち77KにおけるバルクInAs<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub>の遮断波長 $\lambda_c \equiv 1.24/E_g$ (式中 $E_g$ はバンドギャップ)のxに対する依存性が示されている。明らかに、xが約0.61の場合に、最大の応答波長は $9.0\mu\text{m}$ よりも少し長く

て表わされる。このため、従来の知識を用いると、バンドギャップを所望程度に変化させるのに必要な不整合度は、容易にかつ確実に計算できる。正確な不整合度とバンドギャップの変化は、最初に行なわれた観察に基づいた従来の実験的な手順に従って定量的に決定することができる。

一般に、所定の格子不整合のための第Ⅲ-V族の直接ギャップ化合物半導体の範囲内では、バンドギャップ変化は前メンバーに対してほぼ同じである。そのため、応答における最大の相対的変化はバルク時に比較的小さいバンドギャップをもつ半導体物質の場合におこる。中でもInAsSb系が好ましいのは、このためである。それはバルク時に比較的小さいバンドギャップをもつ第Ⅲ-V族の物質である。しかし当然のことながら、本発明はバルク時に比較的大きなバンドギャップをもつ物質に対してもやはり適用できる。

次に考慮すべき点は、効果的なSLSの得ら

れる範囲内で許容される不整合度に対する本質的な制約である。普通、格子定数では7~8%以上も異なる不整合においては、許容できない結晶欠陥、例えば腐間を横断する転位が大きな歪みのために起る。不整合度は有効なSLS系を得るのに十分だけ小さくしなければならない。

所望とするバンドギャップ変化 $\Delta E_g$ を与えるのに必要な格子不整合の大きさを決めた後には、層厚の比についても考える必要がある。勿論、格子不整合の効果は、含まれる2つの層の各々に歪みを起すことであり、一方にはギャップを狭めるようにまた他方にはギャップを広げるように作用する。これらの個々の効果の程度は、よく知られた関数依存性に従って、2つの層厚の比と2つの層の弾性定数により決定される(例えば、Osbourne, J. Vac. Technol. B1(2), April-June 1983を参照)。したがって層厚比が1/1で、弾性定数が本質的に等しい物質の場合には、格子定数の不整合による等しい歪みが2つの層の各々に作用することに

#### 特開昭60-95981(5)

なる。層厚比が2/1の場合には、薄い方の層が厚い方の層の約2倍の歪みをもつことになる。すなわち層厚比は、所望とする $\Delta E_g$ を達成する上で適切な歪みレベルを得るためのもう1つの自由度を与えるデザインパラメーターとなる。不整合それ自体と共に、その層厚比はデバイスデザインを微調整するのを容易にする。代表的な場合、層厚比は10/1~1/10の範囲内である。

格子定数不整合と層厚比が選ばれたら、又はこのましくはこれら2つの組合せが選ばれたら、実際の層厚は、本明細書中に記載した指針および慣習的な考え方をを用いて再度選択される。SLSの効果だけから見ると、ひき起される歪みが不整合転位を抑制するのに十分な程に層が薄いということのみが必要である。代表的な場合、層厚は30~500 Å又は50~500 Åの範囲である。そしてその下限の数値は主として成長技術により決定される。

しかしながらSLS効果は前記の検討課題で

はない。SLS中の層厚が小さい場合には、ある種の量子力学的効果が生ずるということは知られている(例えば、前記したOsbourneの文献を参照)。実際、非常に好都合な光起電力装置がSLS構造およびこの量子効果をベースとして提案された(例えば1983年7月8日出願の米国特許出願第512059号を参照)。量子力学的現象についての完全な説明は上記の参考文献中に記載されているので、ここでは問題を明確化するため、その効果の概要を述べるに留める。

本質的には、異なる半導体物質からなる交互層は、不整合による歪みの効果以上に、バンドギャップエネルギー準位の量子力学的な摂動をひき起す。その結果、全体の構造は、この量子力学的効果がより効果的である時に大きくなる有効バンドギャップをもつことになる。これは、低い方のバンドギャップの交互層を取り囲む高い方のバンドギャップの交互物質により形成される高電位バリアーによりもたらされるものとして特徴づけられてきた量子井戸の形成に

起因する。

明らかにわかるように、適当な層厚の下では、量子井戸効果は不整合歪みに基づく所望の効果に対抗することが可能である。例えば、前記した第III-V族の系では、より長い放長に依存性を与えるために、最低のバルク・バンドギャップをもつ物質のバンドギャップを狭めることが望まれる。前記したSLSは低いバンドギャップの物質と高いバンドギャップの物質からなる一連の層を交互にもつ。不整合歪みの正味の効果は、最低物質のバンドギャップを更に低下させることである。しかしながら既に説明したように、量子力学的効果は有効なSLSバンドギャップを増加させる。

好都合なことに、SLS中の絶対的な層厚を適当に選ぶと、不整合効果が大いに優勢となる程度にまで、量子井戸効果を抑制することができ。この点に関しては、前記した米国特許出願第512059号(特に第1図)に十分説明されている。「量子井戸層」すなわち低い方のバンド

## 特開昭60-95981(6)

ギャップの幅の厚さを増加するにつれて、量子井戸エネルギーが急激に減少する。すなわちその系はバルク状態に一段接近し、量子井戸の最低準位のみが占有されることになる。好都合なことに量子井戸効果を最小にする厚さは、SLS効果が依然として作用することのできる範囲内、例えば約100 Å以上又は200 Å以上である。

したがって、量子井戸効果が不整合に起因する歪みを用いて得られる効果に対抗する場合には、層厚はそうでない場合の層厚よりも幾分長くなる。一般に、量子井戸効果を最小にしようとする場合には、依然としてSLS系の達成と適合するような最高の厚さが採用される。すなわちそれは所定の組成物に対して所定の歪みで採用できる最大の厚さである。

明らかにわかるように、デバイスについての基礎的な発明概念がここで述べた説明や容易に入手できる通常の知識により明らかなものとなると、不整合に起因する歪み、層厚比、層厚それ自体、所望の格子定数に対応する半導体組成

物等についての詳細が容易に計算されて決定され、これによって、バルク時における個々の半導体物質の各々の応答とは異なった応答をもつ系を与えることができる。これらの演算的な計算は非常に信頼性の高い目安を与えるので、所定の場合におけるデバイスの構造の詳細を決定し最適なものにするためには、定型的な通常のパラメーター実験（例えば従来の半導体測定系を用いるもの）のみを実施すればよい。上記の計算を行なうための関数依存性と基礎データはよく知られており、それらは本発明に対して即用的に適用できる。例えば、Osbourne, J. Vac. Sci. Technol. B1 (2), April-June 1983, p.379; Gourley等、同上、p.383; Semiconductors and Semimetals, Willardson等、Vol. 4, "Physics of III-V Compounds," Academic Press (1968), 全頁、特に327-330; R. Dingle, Crit. Rev. Solid State Sci., Vol. 5, p.585 (1975); L. Esaki等、Crit.

Rev. Solid State, Vol. 6 (1976); M. B. Panish, Science, Vol. 208, p.916 (1980); A. Madhukar, J. Vac. Sci. Technol., Vol. 20, p.149 (1982); G. C. Osbourne, J. Appl. Phys., Vol. 53, p.1586 (1982); G. C. Osbourne等, Appl. Phys. Lett., Vol. 41, p.172 (1982); J. W. Matthews等, J. Cryst. Growth, Vol. 27, p.118 (1974); J. W. Matthews等、同上、Vol. 29, p.273 (1975); J. W. Matthews等、同上、Vol. 32, p.265 (1976); G. C. Osbourne, J. Vac. Sci. Technol., Vol. 21, p.469 (1982); R. Dingle等, Phys. Rev. Lett., Vol. 33, p.827 (1974); S. R. White等, Phys. Rev. Lett., Vol. 47, p.879 (1981); G. Bastard, Phys. Rev., Vol. B25, p.7584 (1982); I. J. Fritz等, Solid State Commun., Vol. 45, p.323 (1983); I. J. Fritz等, "Proceed-

ings of 1982 Int. Symposium on GaAs and Related Compounds", (Institute of Physics, Berkshire, 1983), p.241; and G. H. Dohler, Jr., Vac. Sci. Technol., Vol. 16, p.851 (1979)等を参照のこと。

第1の主層と共に用いられる第2の層は、一般に決定的因子ではない。主要な要求は必要な不整合歪みを与えるのに必要な格子定数を第2の層がもつことと、第2の層が主層と共に必要な厚さに成長した時にSLS構造を与えることである。例えば、後述するように、第2の層と第1の層の両方がInAsSb系からつくられる。しかしながら必要な格子パラメーターをもつ他の半導体層も存在する。それらの大部分は第III-V族のものである。

既に説明したことから、SIS中における両方の層はバンドギャップエネルギーを変化させるということがわかる。その系は、層の1つのセットに対する所定の変化を主として考慮して

特開昭60-95981(7)

設計される。大部分の図項下では、他の他のセットにおける変化は意図するデバイスの動作と十分に適合し、そこには如何なる支障も存在しない。例えば、より良い遮断波長が要求される第Ⅲ-V族の系の場合、交互層の第2のセットが遮断波長を減少させようということは重大ではない。なぜならば全体の系がより良い波長で応答し、そのことが主要な目的となるためである。しかしながらその2つの効果が逆効果を生じうるような状態下では、前記した図厚止のパラメータは、所望とする効果の大きさを最大にし、かつ所望としない効果の大きさを最小にするのに用いることができる。

デバイスの製造は、全く定型的、一般的なものであり、その詳細は本明細書中に記載されている。半導体層を必要の厚さに成長させるためには、如何なる従来法も用いることができる。エビタキシアル法を用いることができるが、最も好ましいのは分子ビームエビタキシ法である(例えば、前記の米国特許出願第512059号を参

照)。

一般に、本発明のデバイスの寸法とSLS構造に用いられる層の数は、予想される入射強度を主として考えと共に、入射する全ての電磁波を吸収することのできるデバイスをもち、それによりデバイスの感度を上げたいとする要求を考えた上で、慣用的に決定される。

既に述べたように、その望ましい特性のため、本発明のデバイスは好ましくは第Ⅲ-V族の半導体物質からなる。更に好ましくは、比較的低いバンドギャップの物質が用いられる。それは、遮断波長を増加させる効果が比較的大きいためである。この点に関しては、 $\text{InGaAsSb}$ が好ましい。最も好ましいのは $\text{InAsSb}$ である。これらの系では、バンドギャップが比較的小さい(例えば約0.1~0.2 eV)のために、40~50%のバンドギャップのサイズ変化が達成される。第2図は、 $\text{InAs}_{0.39}\text{Sb}_{0.61}$  /  $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ のSLS中における歪みのあるバルク $\text{InAs}_{0.39}\text{Sb}_{0.61}$ 層をベースとした系に

対して77°Kで達成しうる遮断波長を、 $x > 0.61$ について示したものである。 $x = 0.61$ の値はこの組成物が第1図中に示される最低のバルクバンドギャップをもつという事実に基づいている。したがって、 $12\mu\text{m}$ の応答を達成するためには、第1図に示した他の組成物の場合よりも小さい歪みが必要である。

第2図から明らかのように、 $x$ の値が約0.73の場合、遮断波長は所望の通り $12\mu\text{m}$ の値に達する。0.73またはそれ以上の値では、 $\text{InAs}_{0.39}\text{Sb}_{0.61}$ 層のバルクバンドギャップは0.1 eV以下の値に減少する。第2図は、 $x = 0.73$ 、すなわち $\lambda_c = 12\mu\text{m}$ の場合に、2つのSLS層の格子不適合が0.86%であるということに基づいて示している。第2図中のデータは図厚比が1.0の場合である。先に述べた理由から格子不適合を最小にする必要があるため、 $\text{InAs}_{0.39}\text{Sb}_{0.61}$ 層の場合、実際の層厚は100~300 Åである。また、1.0の図厚比を用いることが望まれるならば、 $\text{InAs}_{0.39}\text{Sb}_{0.61}$ の場合

も実際の層厚は同じ範囲である。 $12\mu\text{m}$ の検出器応答を切るために第2の層( $x = 0.73$ )によりもたらされる $\text{InAs}_{0.39}\text{Sb}_{0.61}$ 層中の歪みの量は、 $\Delta\alpha/\alpha \sim 0.4\%$ である。これは、前記した2つのSLS物質系中で実際に採用された歪みの範囲内に十分に入る。例えば、G. C. Osbourn等、Appl. Phys. Lett., Vol. 41, p. 172 (1982); 及びJ. J. Fritz等、"Gallium Arsenide and Related Compounds", 1982, Inst. Phys. Conf. Ser., Vol. 65, p. 241 (1983)を参照のこと。

前記したことを目安として用いると、 $\text{InGaSb}$ 系の場合においてもその詳細が同様に定型的に決定できる。

本発明の新しいデバイスは、特定の物質を用いてこれまで利用できなかった領域中で検出器応答を与えるという基本的特徴以外に、多くの点からみて利点をもつ。すなわち、本発明の第Ⅲ-V族 $\text{InAsSb}$ のSLS物質は、 $\text{InAs}$

## 特開昭60-95981(8)

Sb合金のような物質の遮断波長を興味のある領域にまで広げることに加えて、先に挙げたHgCdTeの場合の様々な問題点を解消する。特に問題点1)~3)は、第III-V族の物質を用いるため、簡単に回避される。また第2図に示すように、InAsSbのSLSにおける遮断波長が組成に対してゆっくりとしか依存しない( $dE_g/dx < 4 \text{ meV}/\%$ )ため、問題点4)は解消される。またこのゆっくりとした依存性のため、容易に達成されうる1.5%という側面での組成変化は、InAsSbのSLSウェファアの断面を通じて許容できる。問題点5)は、超格子層に垂直な方向に沿って超格子キャリアの有効質量を増加させるというこれらのデバイスの固有能力に基づいて解決される。この増加が垂直方向における通常の超格子移動機構に影響を与えるということは一般に知られているが、最近、この増加は逆バイアスされた超格子ダイオード構造中では伝導バンドを価電子バンドにトンネル化するということがわかった(例

えば、D. L. Smith等、Appl. Phys. Lett., Vol. 43, p.180 (1983)を参照)。この性質は、非常に小さいバンドギャップを必要とするデバイス用途にはバルク物質よりもむしろ超格子物質を用いようとする強い動機を与える。

本発明のデバイスは、例えばp-n接合をベースとした異性検出器のような従来技術のアナログデバイスが用いられてきた全ての構成に用いられる。このような1つのデバイスを第3図に示す。それはInSb(例えばp-型)のような通常の基板からなる。SLS層の格子定数が基板の格子定数とは十分に異なっており、許容できない格子欠陥が生じるという重大な見込みを生じさせる程度であるような状態下では、SLS構造それ自体とこの基板との間に、第3図に示すように、グレード層を介在させることが可能である。例えば、 $\text{InAs}_{0.31}\text{Sb}_{0.69} / \text{InAs}_{0.27}\text{Sb}_{0.73}$ のSLSの場合、好ましいグレード層は $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ (式中、代表的な場

合 $x$ は1.0~0.67である)であり、第3図の配図ではn-型が用いられる。SLSの格子定数が基板の格子定数とかなり異なる場合には、通常のデバイスでよく知られているように、グレード層は省略できる。勿論、n-n-n-p構造は、多くの可能な配図の1つに過ぎない。そしてこのことは同様に当業者にとってよく知られている。

一般に、本発明のデバイスは、ノイズを低減することにより最大のS/N比を付与するために、7.7°Kのような低温で操作するようにつくられる。しかしながら、室温で操作するデバイスも本発明の範囲内に十分に入る。同様に、一定の用途のために好都合である場合には、本発明のSLS系を2つ又はそれ以上使用してマルチ接合デバイスをつくることも可能である。様々な接合の付加的効果が見られる場合には、中間的な短絡用相互連結として通常のトンネル接合が用いられる。しかしながら、増加された応答範囲の比較的狭い部分を隔絶することが望ま

れる場合には、本発明の2つのSLS系を用いることも可能である。これは、本発明の2つのSLS系を積み重ねることにより達成される。最上部の系が好ましくない放射を吸収し、所望の波長の放射のみがその下にあるSLSに到達する。後者のSLSのみが通常の電気的接触を受ける。そのため、電流はその応答のみに比例することになる。

これまでの説明をもってすれば、当業者は本発明の本質的な特徴を容易に理解することができ、また本発明の特許請求の範囲から逸脱することなしに、本発明を様々な用途や条件に適用して本発明に様々な変更や修正を加えることができる。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は、7.7°Kにおけるバルク $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ の遮断波長を $x$ の関数として示したグラフである。

第2図は、 $\text{InAs}_{0.31}\text{Sb}_{0.69} / \text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  SLS中の重みのあるバルク $\text{InAs}_{0.31}$



特開昭60-95981(9)

Fig. 1 の 77°K における超伝導長を  $\lambda_c$  (0.61) の関数として示したグラフである。

第3図は、本発明のデバイスの1つの構成を示す説明図である。

特許出願人 アメリカ合衆国

代理人 尾 股 行 権

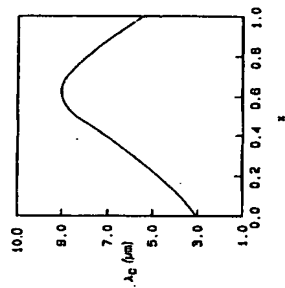


FIG. 1

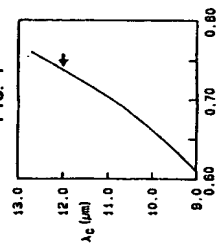


FIG. 2

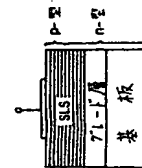


FIG. 3